

INFLUENCIA DE LA LUZ NATURAL EN ENTORNOS URBANOS EN CLIMAS SOLEADOS. Análisis y aplicabilidad de herramientas de evaluación.

Córica, L.; Mesa, N. A.; Pattini, A.; de Rosa, C.

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (LAHV - INCIHUSA)
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas – CRICYT C.C.131 C.P. 5500 – Mendoza
Tel. 0261-4288314 Int. 270 – Fax 0261-4287370 e-mail: lcorica@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN: En días soleados la radiación solar visible (iluminancia global) incidirá sobre las superficies de un sistema urbano según tres componentes: directa (sol), difusa (bóveda celeste) y reflejada (entorno). Así como la magnitud de las componentes directa y difusa es fácilmente predecible para cielos claros o cubiertos, la componente reflejada estará fuertemente condicionada por los diversos elementos del entorno, en función de dos grupos de variables: las características morfológicas del entorno y el tipo de iluminancia que éste recibe. El ajuste relativo requerido para los cálculos de las componentes de la iluminancia que llega a la fachada es diferente: la luz reflejada por el entorno exterior debe ser evaluada con detalle, mientras que la elección de la distribución de luminancias de la bóveda celeste (difusa) no tiene la misma incidencia en la iluminación resultante en una superficie (Tregenza, P. 1995). El trabajo presenta los resultados de las evaluaciones realizadas con mediciones “in situ” y simulaciones. La comparación de los valores de luminancia medidos y simulados arrojan un ajuste de $\pm 1,2\%$. Mientras que las evaluaciones comparativas indican que la participación de la componente reflejada, en el potencial de iluminación (proveniente de fachadas soleadas) son de hasta el 110%.

Palabras clave: componente reflejada, luz natural, iluminancia global.

INTRODUCCION

En entornos urbanos de alta densidad, el balance de iluminación natural que recibe una fachada orientada al sur (directa, difusa y reflejada) es diferente que si la misma estuviera iluminada sólo por la componente difusa (sin obstrucciones próximas o en condiciones de cielo nublado). En un día claro, el impacto de la luz reflejada por un plano vertical soleado puede aumentar considerablemente la iluminancia global que llega a una fachada próxima. El plano el vertical y el horizontal deben ser considerados como potenciales fuentes de iluminación de los edificios. Particularmente en climas con cielo claro (Robbins, C.L. 1986).

Un abordaje bioregional del estudio de la iluminación natural involucra los modos en que el espacio urbano puede tomar forma, responder, aprovechar y beneficiarse de los recursos de una región específica, tales como la presencia del sol, su duración y trayectorias, las condiciones del cielo, y otros elementos del clima. El ambiente natural y el construido son fuerzas bioregionales que determinan el potencial en la iluminación natural en los espacios de éste.

Para conocer estos efectos, en los últimos años, se ha desarrollado un importante número de herramientas de cálculo y simulación que ayudan en el diseño de iluminación natural. La más antigua y más utilizada internacionalmente es el modelo a escala (la propagación de la luz sigue las mismas reglas en un modelo a escala que en el espacio real). Actualmente, varios programas de computación se han propuesto, tanto para simular el comportamiento a la luz natural en un edificio como para caracterizar las distintas fuentes de luz natural, o para asistir a los diseñadores en la evaluación de las estrategias a utilizar. Para cualquier herramienta utilizada, siempre hay alguna duda sobre su validez, y si su aplicación se limita sólo al campo investigado para desarrollarla (M. Fontoynt, 1999). Por lo que, solo observaciones y mediciones in-situ pueden detectar algunos aspectos difíciles de predecir con las herramientas disponibles: respuesta óptica final de los sistemas utilizados en los edificios (exteriores e interiores), dinámica de la luz natural, etc.

Condiciones de cielo

En la Argentina, una gran parte del territorio se encuentra bajo condiciones de cielo con presencia de sol en la mayor parte del año. En los climas áridos en general, y en Mendoza en particular, el 76% del año corresponde a cielos claros con presencia de sol en el período diurno (Fuerza Aérea Argentina, 1992). La luminancia de un cielo claro (azul) como fuente luminosa difusa, es menor (1500-2000 cd/m²) que la luminancia de un cielo cubierto (4.500-6000 cds/m², nubes blancas) (Pattini, A., 2002; W. Lam, 1986).

Esta situación hace que las respuestas lumínicas del espacio construido, en regiones donde predominan los cielos claros, estén fuertemente influenciadas por las orientaciones de las superficies exteriores soleadas y sus reflectancias superficiales, (P. Tregenza, 1995; A. Tsangrassoulis et al. 1999; A. Mesa, A. Pattini, C. de Rosa, 2001) (muro fachada vertical soleado color claro 9000-14000 cd/m²; albedo asfalto gris soleado 6000-7000 cd/m²) más que por la luminancia del cielo sin nubes como fuente de iluminación natural.

Es evidente por lo tanto que, la magnitud relativa de las componentes difusa (visión de cielo) y reflejada (edificación circundante) esté fuertemente condicionada por las características de los recintos urbanos conexos, en los aspectos de densidad edilicia, altura de la edificación, dimensiones y proporciones del espacio exterior, asoleamiento directo de superficies exteriores y reflectancias de las mismas, así como por la presencia de árboles y otros componentes del paisaje urbano.

METODOLOGÍA

Selección del caso de estudio

Se seleccionó para el estudio un entorno urbano de alta densidad edilicia, correspondiente al conjunto habitacional Unimev, ubicado en el departamento de Guaymallén de la provincia de Mendoza, compuesto por 24 edificios de alturas variables de 6 y 10 niveles, con características constructivas y espaciales similares.

Por no encontrarse inserto el mismo, dentro de la cuadrícula urbana tradicional, la disposición de los edificios es diversa, dando como resultado superficies verticales con orientación libre al norte, fachadas con obstáculos próximos y paramentos reflejantes al sur. Dentro del total de los recintos existentes se seleccionó un espacio compuesto por cuatro edificios, ubicados en el área central del conjunto.

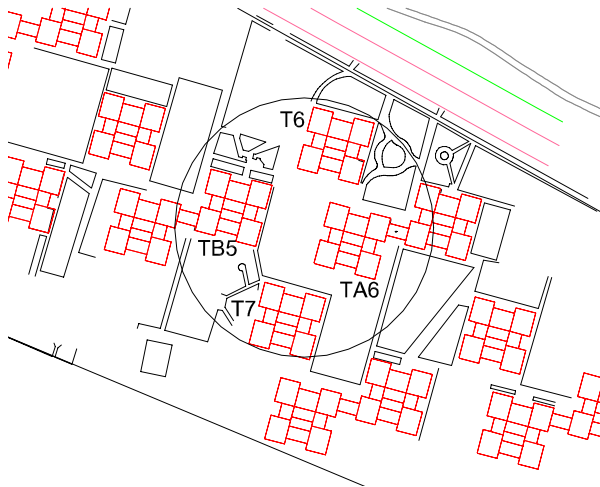


Fig. 1 Planimetría del conjunto.



Fig. 2 Vista aérea del área seleccionada

Mediciones in situ

Para evaluar la cantidad de luz en las superficies verticales de los edificios estudiados se realizaron mediciones de luminancia, para lo cual se utilizó un luminancímetro, marca Minolta modelo LS110 de 3 grados de visión de ángulo sólido, sobre una grilla vertical de 10 puntos en el plano que contiene las fachadas de los edificios estudiados. La verificación de iluminancias exteriores se utilizaron los datos de la estación de mediciones del LAHV-CRICYT (con registros automáticos de iluminancia e irradiancia minuto-minuto).



Las reflectancias hemisféricas-hemisféricas (ρ_{hh}) de los materiales de las superficies exteriores de los edificios utilizados, fueron calculadas a partir de mediciones la luminancia y convirtiendo las mismas según las siguientes expresiones, en base a las reflectancias conocidas de los cartones blanco y gris de Kodak (M. Fontoynt, 1999).

$$\rho_1 = \rho_{\text{blanco}} \cdot \frac{L_{\text{material}}}{L_{\text{blanco}}} \quad (1)$$

$$\rho_2 = \rho_{\text{gris}} \cdot \frac{L_{\text{material}}}{L_{\text{gris}}} \quad (2)$$

$$\rho_{hh} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \quad (3)$$

Donde en (1) se obtiene el valor de reflectancia ρ_1 , a partir de la medición simultánea de luminancia (cd/m^2) de la superficie del material a evaluar (L_{material}) y de la superficie blanca de reflectancia conocida ($\rho_{\text{blanco}} = 90\%$); y en (2) siguiendo el mismo procedimiento pero con el papel gris de reflectancia conocida ($\rho_{\text{gris}} = 18\%$).

Obteniendo el valor de reflectancia de la superficie del material a evaluar (ρ_{hh}) aplicando los valores obtenidos en (1) y (2) en la ecuación (3).

Una vez realizados los cálculos, de la base de datos de propiedades de los materiales del simulador, se tomaron materiales con los mismos valores de reflectancias que las superficies de los materiales de este caso de estudio.

Simulaciones con Desktop Radiance 1.2

Las condiciones luminosas del recinto urbano seleccionado para el análisis fueron modeladas y simuladas con Desktop Radiance 1.02. Las volumetrías de los edificios fueron conformados en Autocad 2000. Los valores de reflectancia asignados a los materiales fueron los siguientes:

	Valor de reflectancia medido	Valor de reflectancia asignado
Superficie color crema	47	47.10
Superficie color verde	19	19.71
Superficie color blanco	58	58.17
Superficie revestimiento piedra	14	16.90
Superficie color marrón	28	28
Superficie de aluminio mate	39/41	42.15

Para la simulación de luminancias, se ingresaron los datos de la nueva localidad, Guaymallén, cuya localización es 32°45' de latitud sur y 68.49 de longitud oeste. Se determinó la zona horaria correspondiente a dicha ciudad, aplicando la ecuación del meridiano estándar, pudiendo así comparar con las mediciones registradas según la hora oficial local.

$$ME = (GMT) - (\text{meridiano correspondiente a la hora oficial local}) * 15. \quad (4)$$

$$ME = (0) - (-3) * 15 = 45$$

Se estableció la base de los cálculos en RADIANCE según una grilla asignada de 100 puntos ubicada sobre los planos verticales correspondientes a las fachadas del recinto urbano bajo análisis. Así mismo se simuló una vista que contenga las curvas de iso-luminancia para analizar la distribución de las claridades resultantes de las inter-reflexiones entre las superficies iluminadas en condiciones de cielo claro con sol.

RESULTADOS Y ANALISIS

Con el fin de conocer el grado de ajuste del simulador RADIANCE para el caso del estudio seleccionado, se efectuaron mediciones de luminancia sobre las superficies verticales exteriores de los edificios (Fig. 4 y 6), obteniéndose un ajuste de $\pm 1.2\%$ entre los valores de Luminancia (cd/m^2) medidos y los calculados por el software, siendo mayores en general estos últimos.



Figura 4: Imagen de la torre T7



Figura 5: Imagen simulada

En las figuras 7,8,9 y 10 se han graficado las curvas de iso-lux simuladas para la fachada sur de la torre TA6, para condiciones de cielo claro y nublado, con obstrucción y sin obstrucción de la torre T 7 respectivamente. En ellas pueden verse con claridad la incidencia de la componente reflejada en condiciones de cielo claro (Fig. 7), siendo este el caso con más iluminancia sobre el plano vertical. Sin embargo, si esta fachada sur se la considera sin la incidencia de la torre T7, la iluminación resultante sobre la misma disminuye considerablemente, teniendo mayor incidencia la componente difusa. (Fig. 8)

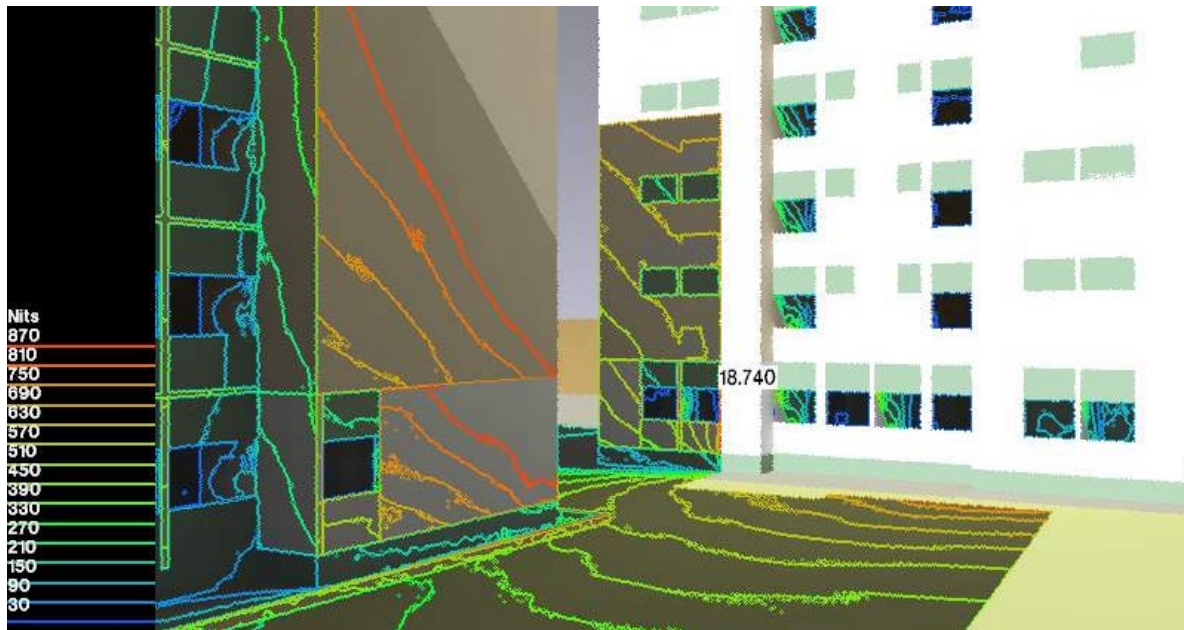


Figura 6: Resultados de la simulación obtenidos.

Para el mismo caso pero bajo condiciones de cielo nublado, los resultados en la imagen simulada muestran el comportamiento inverso, es decir, cuando el paramento cercano es considerado, la iluminancia resultante sobre la fachada sur analizada, es menor que cuando no se la considera. (Fig. 9 y 10).

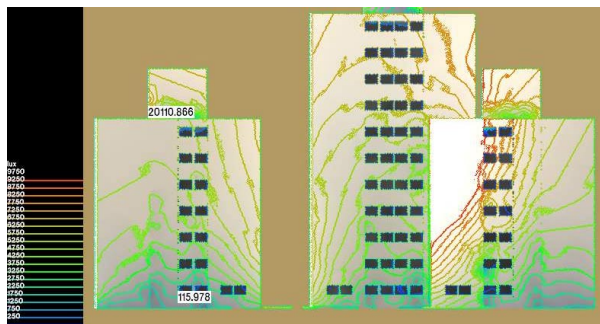


Figura 7: Fachadas orientadas al sur, cielo claro con superficie reflejante

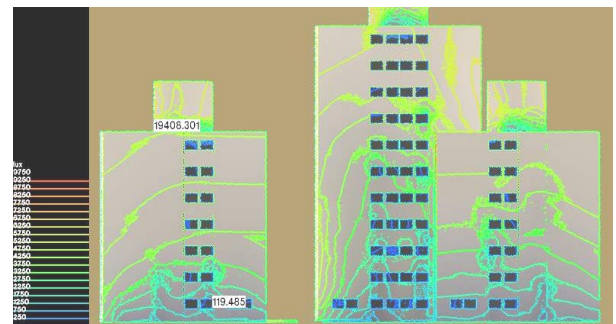


Figura 8: Fachadas orientadas al sur, cielo claro sin superficie reflejante

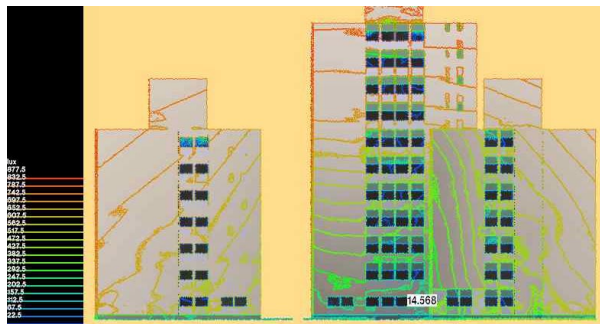


Figura 9: Fachadas orientadas al sur, cielo nublado con superficie reflejante

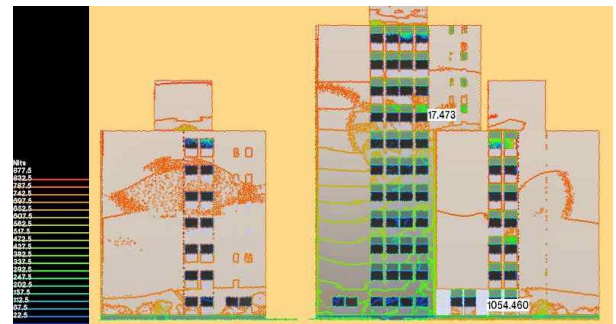


Figura 10: Fachadas orientadas al sur, cielo nublado sin superficie reflejante

En función de los valores arrojados del análisis de la grilla que se ubicó en el plano vertical sur de la TA6, para las condiciones simuladas mencionadas anteriormente, puede deducirse el potencial de la iluminación debido a la componente reflejada. En el gráfico de la Fig. 11 se compararon las iluminancias simuladas para condiciones de cielo claro y nublado con

y sin superficie reflejante respectivamente, los valores se incrementan hasta un 110 % respecto a la simulación que no considera la superficie reflejante soleada. Para los casos de cielo nublado la superficie reflejante se transforma en obstrucción, reduciendo la iluminancia que llega a la fachada sur.

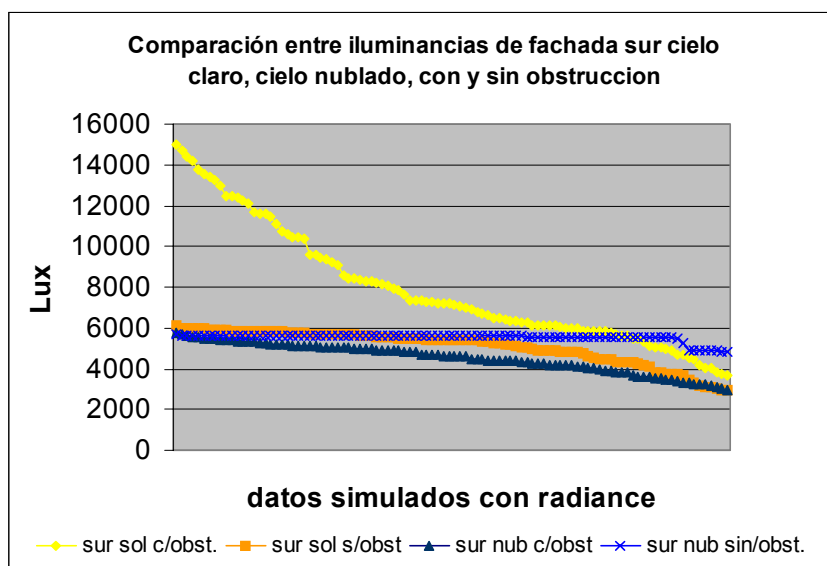


Figura 11: Valores de iluminancia obtenidos través de la grilla.

CONCLUSIONES

Los valores obtenidos de las simulaciones y mediciones hacen suponer que el Desktop Radiance 1.2 es una herramienta de cálculo adecuada demostrando una buena respuesta a la incidencia de la radiación solar directa, predominante en nuestra región.

En condiciones de cielo claro, las fachadas en sombra de recintos urbanos de alta densidad, con obstrucciones de la bóveda celeste, reciben iluminación natural cuya principal componente es la reflejada por las superficies próximas soleadas, alcanzando aumentos en los valores de hasta el 110%, considerando superficies exteriores de colores claros. En climas soleados, esto además contribuye a reducir la intensidad del efecto de la isla de calor en la estación cálida.

En las evaluaciones realizadas considerando cielo nublado (no predominante en la región) la principal contribución a la iluminación proviene de la componente difusa. Los planos verticales de edificios próximos localizados al sur, en este caso ocasionan por obstrucción de la bóveda celeste una reducción de la iluminancia resultante sobre la misma del orden del 25%.

Por los resultados obtenidos se considera que debe tenerse precaución en el momento de elegir las herramientas de análisis, ya que aquellas que no permiten evaluar el comportamiento del aporte de las superficies soleadas, no permite cuantificar el aporte relativo de cada componente, siendo esto particularmente riesgoso en climas soleados.

REFERENCIAS

- Pattini, A. (2002). Control de la luz en aulas de escuelas solares pasivas en Mendoza, Argentina. Libro de resúmenes de LuxAmerica 2002. 54-56. Tucumán.
- Tregenza, P. (1995) Mean daylight illuminance in rooms facing sunlit streets, *Building and Environment* 30
- Duffie J. A. y Beckman W. A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*, 2ª edición, pp. 54-59. Wiley Interscience, New York.
- Tregenza, P.R. (1995). Mean Daylight Illuminance in rooms facing sunlit streets. *Building and environment*, Vol. 30, No. 1, pp, 83-89. UK
- Robbins, C.L. (1986). *Daylighting design and analysis*. Van Nostrand Reinhold Company. NY.
- M. Fontoynt (1999) *Daylight performance of building*. James and James
- Estadísticas Climatológicas 1981-1990 (1992). Fuerza Aérea Argentina. Servicio Meteorológico Nacional. Serie B- N°37. Argentina
- Pattini, A. Tesis Doctoral . Capítulo 1. Iluminación natural disponible. Departamento de Luz y Visión. Fac. Ciencias Exactas y TAcnológicas. UNTucumán. En prensa.
- Lam W. (1986) *Sunlighting as formgiver for architecture*. Van Nostrand Reinhold. NY.
- Tsangrassoulis, A. et al. (1999) A method to investigate the potential of south-oriented vertical surfaces for reflecting daylight onto oppositely facing vertical surfaces under sunny conditions. *Solar Energy*, Vol 66.
- Mesa, A.; Pattini, A. and de Rosa, C.. Incidence of morphological and technological features of building envelopes on the energy savings potential of urban building stocks in mesothermal arid regions cities. PLEA 2001, Florianópolis, Brasil.

ABSTRACT: During sunny days the visible solar radiation (global illuminance) will impinge on the surfaces of the urban system as the sum of three components: direct (sun), diffuse (sky vault) and reflected (immediate environment). While the magnitude of the direct and diffuse components are easy to predict for clear or cloudy skies, the reflected component, will be strongly conditioned by the diverse elements of the environment, as a function of two groups of variables: the morphological features of the environment and the illuminance type received by it. The relative fit required to calculate the illuminance components received by a specific facade is different: the light reflected by the exterior environment must be assessed in detail, while the choice of luminance values distribution on the sky vault (diffuse), does not have the same incidence on the resulting illuminance of the surface. (Tregenza, P. 1995). The paper presents the evaluation of the results obtained by on site measurements and simulation. A fit of +1.2% was found when comparing measured and simulated illuminance values; while both indicate that the reflected component share (from insulated facades), are as high as 110%.